

# Чернобыль 01:23:40

**Автор:**

[Эндрю Ливербарроу](#)

Чернобыль 01:23:40

Эндрю Ливербарроу

Чернобыль: книги, ставшие основой знаменитого сериала

Эндрю Ливербарроу по кусочкам восстанавливает печально известные события 26 апреля 1986 года, прославившие Чернобыль на весь мир. Автор делится своими впечатлениями о Припяти и выводами, к которым он пришел в ходе собственного расследования. Материалы, собранные автором, использовались создателями культового сериала «Чернобыль», что позволило им добиться особой достоверности.

Эндрю Ливербарроу

Чернобыль 01:23:40

Представьте себе самолет на огромной высоте. Во время полета экипаж решает провести испытания: открывают двери, отключают различные системы... Факты показали, что конструкторы должны предусмотреть даже такую ситуацию[1 - Пер. Г. Григорьева.].

Валерий Легасов, глава советской делегации на конференции МАГАТЭ в Вене, 25–29 августа 1986 г.

© Andrew Leatherbarrow; печатается с разрешения автора

© Г.Л. Григорьев, перевод, 2019

© ООО «Издательство АСТ», 2019

\* \* \*

При первом знакомстве с книгами о Чернобыле чтение давалось мне трудно. Первой была «Чернобыльская тетрадь» советского инженера-ядерщика Григория Медведева, прекрасная книга, которая, однако, требует от читателя некоторой осведомленности о ядерных системах, да и перевод шероховатый. Со временем – читая все больше и больше – я стал лучше разбираться в технологии и терминологии, но мне все равно казалось, что для обычного читателя эти книги слишком сложны. Чернобыльская катастрофа – одно из самых невероятных событий последних ста лет, она имеет значение для всего мира, но при этом лишь немногие понимают, что же, собственно, тогда произошло.

Недопонимание – отчасти следствие неполноты информации, доступной в первые пять лет после инцидента. В угоду официальной версии все публикации возлагали вину на персонал ЧАЭС. Из просачивавшихся по капле сведений вырастали мифы и легенды, хотя позднее ошибки первоначальной версии были прояснены. Каждая новая книга, документальный фильм, публикация в прессе или в сети предлагали свою версию событий, чем-то отличную от прежних, и противоречия в них остаются по сей день. Кроме того, мне не удалось найти ни единого материала, где основное внимание уделялось бы тем моментам, которые интересовали меня сильнее всего. Саму аварию по большей части затрагивают лишь вкратце, основное содержание посвящено ее последствиям. Если же источник описывает аварию подробно – скажем, та же «Чернобыльская тетрадь», – то почти совсем обходит тему последствий. Остальные материалы слишком сосредоточены или на политике, или на экологии, или на бесконечных цифрах. После долгих поисков мне так и не удалось найти книгу, объединяющую все, что мне хотелось бы прочесть, и я решил написать ее сам.

Не хочу раздувать вокруг этой темы новые сенсации. Случившееся само по себе уже сенсация, но многие ради вящего эффекта допускают преувеличения. Это нечестно, да и неуместно: реальные события и без того достаточно драматичны. Также я не ставлю себе задачу никого обвинить или оправдать. Мне не по душе, когда авторы документальных книг навязывают читателям свою позицию,

поэтому я хочу просто представить факты так, как я их вижу.

Я всеми силами старался избежать ошибок и неточностей в деталях, но некоторые аспекты – в основном касающиеся работы реактора – намеренно упростил, чтобы текст был понятней. Для краткости я свел к минимуму число персонажей, уделив внимание лишь тем, чья роль в случившемся особенно важна. Мне хотелось, чтобы эта история выглядела как можно более жизненной, и потому я использовал много цитат из рассказов тех, кто видел все своими глазами. Постепенно я пришел к выводу, что стопроцентно корректное описание событий невозможно из-за противоречащих друг другу слов самих свидетелей, но я постарался сделать свою книгу максимально правдивой. Когда в чем-то у меня уверенности не было, я отмечал это в примечаниях. Если вы заметите, что я где-то ошибся, и у вас есть тому доказательства, пожалуйста, немедленно сообщите мне, поскольку я не хотел бы участвовать в распространении лжи, которой и так хватает.

Я решил включить в книгу рассказ о своей поездке в Чернобыль в 2011 году, которая лишь усилила мое желание глубже изучить катастрофу. Поездка стала для меня очень важным опытом и радикально изменила мою жизнь. Эта вторая сюжетная линия, конечно, менее интересна, чем хроника исторических событий, но она разбивает книгу на части и, надеюсь, привносит кое-что в общую композицию. Некоторые нюансы и разговоры из этой поездки в памяти не сохранились, но мне не хотелось что-то специально выдумывать, только чтобы закрыть лакуны, и я решил обойтись без этих подробностей. Все фотографии Припяти и Чернобыля, вошедшие в книгу, сделаны во время той поездки. Полную подборку примерно из тысячи фото можно найти по ссылке <https://goo.gl/uchbWp>.

Четыре с половиной года тысячи часов своего свободного времени я посвящал поиску данных и записям. В первые года два у меня не было намерения издать книгу. Я писал просто для себя – думал, может, распечатаю один экземпляр и поставлю на полку. И совершил характерную для дилетанта ошибку – не вел список источников, так что потом пришлось заново искать огромное количество информации. Поэтому ссылки в книге далеко не всегда указывают те источники, где я обнаружил ту или иную информацию впервые. Продолжая работать над текстом, я разместил его в бесплатном доступе в интернете, и он рос по мере добавления новых данных. Но лишь когда на мой электронный адрес стали приходить отклики, где меня призывали выпустить бумажную версию, я над этим задумался. Чтобы собрать средства на редактора, в начале 2015 года я завел аккаунт на сайте Kickstarter, но затея с треском провалилась, и я забросил

весь этот проект с книгой.

К двадцать девятой годовщине аварии в апреле того же года я выложил на социальном новостном сайте Reddit альбом из ста пятидесяти исторических чернобыльских фотографий, снабдив их подписями из своей книги. Реакция меня ошеломила. Люди просили опубликовать книгу как есть, и я на два дня ее выложил. Загрузил ее на сайт, предоставляющий контент «по запросу», и оказалось, что за эти два дня книгу купили семьсот пользователей. А я ведь был никто и звать меня никак! Выяснилось, что людям интересна эта тема.

Через пять недель родился мой первый ребенок, Ноа, и Чернобыль временно отошел на второй план. Но к сентябрю я решил, что глупо бросать книгу, которая уже так близка к завершению. Денег на оплату профессионала у меня не было, поэтому я нашел специальную компьютерную программу и принялся за редактуру самостоятельно. Те месяцы, пока я не занимался книгой, позволили мне увидеть в ней места, требовавшие дополнительных уточнений; к тому же я получил много бесценных откликов от людей, купивших неотредактированную книгу на Reddit. Я внес изменения, и книга от этого, вне всяких сомнений, только выиграла. В марте 2016 года – после шести бессонных (благодаря Ноа) месяцев – я ее завершил. Потом произошло чудо: юная девушка-редактор с Reddit прочла мою рукопись и предложила бесплатную помощь. Она лихорадочно трудилась несколько недель и проделала потрясающую работу. Reddit оказался неоценимым источником помощи. Инженеры-ядерщики исправляли то, что касается физики, университетские историки – историю, а русские читатели – мои переводы, и я в неоплатном долгу перед всеми этими замечательными людьми с Reddit.

Я не писатель, по крайней мере в традиционном смысле. Я никогда ничему подобному не учился и до этого проекта не написал ни строчки. Мои первые наброски были ужасны, и я не могу упомнить, сколько раз пришлось переписывать весь текст от корки до корки, но со временем пришел опыт, пусть и мизерный. Я первым готов признать, что это далеко не лучшая из известных мне книг, но я сделал все, что в моих силах, и надеюсь, вы прочтете ее с интересом.

В заключение хотелось бы официально заявить, что я – сторонник атомной энергетики в развитых странах при условии строгого соблюдения всех стандартов здравоохранения, безопасности и экологии.

## Дополнение

В июле 2019-го, через три года после первого издания, я слегка подправил грамматику и изменил формат. За это время Новый безопасный конфайнмент уже накрыл собой чернобыльский саркофаг, и он простоит там следующую сотню лет. Мне хотелось своими глазами увидеть, как его устанавливают, я даже забронировал и оплатил вторую поездку в Чернобыль, но в последний момент объявили, что въезд на станцию будет в этот период закрыт, и мне пришлось с сожалением отменить поездку.

В мае 2019-го канал HBO выпустил мини-сериал, посвященный Чернобылю. Мне посчастливилось немного поучаствовать в его создании – я помогал автору сценария выяснить некоторые технические детали. Позднее он любезно пригласил меня в Литву, где проходили съемки, и я присутствовал при большинстве сцен, где действие происходит у щита управления. Для меня провели экскурсию, показали потрясающую работу художников, костюмы и реквизит, я познакомился с руководством разных цехов и некоторыми актерами, провел много времени, обсуждая аварию. Это была удивительная, незабываемая поездка.

Сейчас я работаю над второй книгой, которая расскажет об истории японской ядерной энергетики до фукусимской катастрофы включительно.

## Глава 1

### Краткая история ядерной энергетики

Пожалуй, из всех явлений радиацию люди понимают хуже всего. Даже сегодня, когда о воздействии радиации известно достаточно много, само это слово продолжает вызывать у большинства сильные эмоции, главная из которых – страх. В первые десятилетия после открытия радиации, а произошло это на рубеже XIX и XX веков, люди – не зная, с чем имеют дело, и пребывая в эйфории – относились к ней куда легкомысленнее. Мария Кюри, самый знаменитый из пионеров-исследователей в этой области, скончалась в 1934 году от

апластической анемии – из-за многолетнего контакта с тускло мерцающими веществами, которые она носила в карманах и хранила в ящике стола. Работая без устали в «заброшенном сарае», который «медицинский факультет [Парижского университета] некогда использовал для вскрытий»[2 - Кюри, М., Кюри, Е. Пьер и Мария Кюри / пер. Е. Шукарева. М.: Молодая гвардия, 1959. (ЖЗЛ). [\*]], супруги Мария и Пьер продолжали исследование лучей, названных в честь Вильгельма Рентгена, открывшего их в 1895 году. Кюри писала, каким счастьем для них было «возвращаться [в лабораторию] вечером... [и видеть] слабо светящиеся точки, казавшиеся висящими в темноте»[3 - Там же. [\*]]. Изучая уран, Мария и Пьер открыли торий, полоний и радий и дали им эти названия, а также немало времени изучали необычные волны, которые испускали эти четыре элемента. Мария назвала эти волны «радиацией» и получила за свою работу Нобелевскую премию. До того времени считалось, что мельчайшие из существующих частиц – атомы: наука полагала, что они неделимы и представляют собой кирпичики, из которых построена Вселенная. Кюри обнаружила, что радиация – это результат деления атомов, и ее открытие разрушило все существующие каноны.

Открытое Марией Кюри свойство радиевого излучения убивать больные клетки быстрее, чем здоровые, породило в начале XX века целое направление в медицине: свойства (в основном воображаемые) нового чудодейственного элемента активно рекламировали доверчивой, введенной в заблуждение публике. Всеобщий ажиотаж подкреплялся авторитетными суждениями: доктор К. Дэвис, например, писал в «Американском журнале клинической медицины», что «радиоактивность предупреждает слабоумие, стимулирует благородные эмоции, замедляет старение и служит источником лучезарной, полной юношеской энергии счастливой жизни»[4 - Wells J.C.K., Strickland S.S., Laland K.N. Social Information Transmission and Human Biology. Boca Raton, FL: CRC/Taylor & Francis, 2006. [\*]]. Циферблаты, маникюр, армейские приборные щиты, прицелы и даже детские игрушки – все светилось радием, который вручную наносили молодые работницы на фабриках корпорации «Американский радий». Ничего не подозревая, они облизывали кончик кисти для тонкости мазка, проглатывая при этом частицы радия, – несколько лет спустя их зубы и черепные кости начали разрушаться. Один из медицинских радиевых препаратов той эпохи под названием «Радитор» – «современный инструмент науки врачевания» – продавался как лекарство от ревматизма, артрита и неврита[5 - Radithor (ca. 1925–1928) // Oak Ridge Associated Universities. 17.02.09. <https://www.ornl.gov/ptp/collection/quackcures/radith.htm>. [\*]]. Несколько лет популярностью пользовались сулившие омоложение радиевые зубные пасты и косметика наряду с прочими модными радиоактивными продуктами: радиевыми

презервативами, шоколадками, сигаретами, хлебом, медицинскими свечами, ватой, мылом, глазными каплями, средством для мужской потенции «Мошоночный экдокринатор» (от того же гения, что подарил нам «Радитор») и даже песком для детских песочниц, который реклама расхваливала как «самый гигиеничный и... более целебный, чем грязь из всемирно известных грязевых ванн»[6 - Clark C. Radium Girls, Women and Industrial Health Reform: 1910-1935. Chapel Hill, NC: University of North Carolina Press, 1997. [\*]]. Лишь в тридцатые-сороковые годы широкая общественность осознала, насколько опасен радий, чья радиоактивность примерно в 2,7 миллиона раз выше, чем у урана[7 - Malley M.C. Radioactivity: A History of a Mysterious Science. New York: Oxford University Press, 2011. [\*]].

В первые десятилетия XX века европейские ученые, напряженно пытаясь раскрыть тайны атома, совершили немало революционных прорывов[8 - Orci T. How We Realized Putting Radium in Everything Was Not the Answer // The Atlantic. 07.03.13. [\*]]. В 1932 году английский физик Джеймс Чедвик открыл нейтрон, последнее недостающее звено головоломки, за что позднее получил Нобелевскую премию. Теперь стала понятна структура атома: электроны окружают ядро, центральный элемент, который состоит из протонов и нейтронов. Наступило подлинное начало атомного века.

Несколько лет спустя, в 1939 году, физики Лиза Мейтнер, Отто Фриш и Нильс Бор установили, что при расщеплении атомного ядра и возникновении новых (этот процесс называется делением ядра) высвобождается огромное количество энергии, и показали возможность цепной реакции. Эта новость легла в основу теории, что подобная реакция в управляемом виде может послужить неисчерпаемым источником чистой энергии для кораблей, самолетов, заводов и жилых домов, а в неуправляемом – оружием невиданной разрушительной силы. Всего за два дня до начала Второй мировой войны Нильс Бор и Джон Уилер опубликовали гипотезу, согласно которой цепная реакция будет протекать интенсивнее в среде с «замедлителем», который снизит скорость движения нейтронов внутри атома, тем самым повышая вероятность их столкновения и отделения друг от друга[9 - Rhodes R. The Making of the Atomic Bomb. New York: Simon & Schuster, 1986. [\*]].

С ростом информации об опасности радиоактивных продуктов их популярность в быту сошла на нет, но экстремальные условия в годы Второй мировой подтолкнули мир к существенному прогрессу в ядерной сфере. Англия с самого начала билась над разгадкой тайн, которые позволили бы использовать деление

ядра в военных целях. У Германии тоже была собственная ядерная программа, но главный упор в ней ставился на разработку энергетического реактора. Американцев в основном интересовали возможности применения ядерной энергии на флоте, но, после того как 7 декабря 1941 года японцы атаковали Перл-Харбор, США начали собственные серьезные исследования ядерного деления и вложили огромные ресурсы и силы в создание атомной бомбы. Всего за год в университете Чикаго под руководством нобелевского лауреата Энрико Ферми в рамках проекта «Манхэттен» был собран первый в мире ядерный реактор, «Чикагская поленница-1». Первый опыт по достижению надкритического состояния с развитием самоподдерживающейся цепной реакции на этой установке (которую Ферми описал знаменитой фразой: «Примитивная груда черных кирпичей и бревен»[10 - Wood J. Nuclear Power. London: Institution of Engineering and Technology, 2007. [\*]]), состоялся 2 декабря 1942 года. В качестве замедлителя использовался графит, какие бы то ни было системы радиационной защиты и охлаждения отсутствовали[11 - Rhodes R. The Making of the Atomic Bomb. New York: Simon & Schuster, 1986. [\*]]. Это был колоссальный и безрассудный риск со стороны Ферми, ему пришлось убеждать коллег, что его расчеты достаточно точны и вероятность взрыва можно исключить.

О том, что в США, Англии и Германии серьезно занялись изучением деления ядра, Сталин узнал, только когда вернувшийся с фронта молодой ученый Георгий Флеров заметил: международные научные журналы перестали публиковать материалы по ядерной физике. Флеров (сегодня в его честь назван искусственный химический элемент флеровий) понял, что материалы на эту тему засекретили, и написал письмо Сталину, подчеркивая важность отсутствия публикаций[12 - На самом деле Флеров сообщил об этом факте не в письме Сталину, а в другом, адресованном С.В. Кафтанову, уполномоченному Государственного комитета обороны по науке. [\*]] и необходимость незамедлительного создания «урановой бомбы»[13 - Cochran Th.B., Norris R.S., Bukharin O. Making the Russian Bomb: From Stalin to Yeltsin. Boulder, CO: Westview Press, 1995. [\*]], [14 - Авторы книги, на которую ссылается Летербарроу, очевидно, допустили неточность: фраза про «урановую бомбу» в письме отсутствует. [\*]]. Диктатор не оставил письмо без внимания, и на изучение потенциала ядерной энергии были брошены дополнительные силы. Он приказал видному русскому ученому Игорю Курчатову заняться систематизацией разведанных по проекту «Манхэттен» и оценить, что необходимо Советскому Союзу для создания бомбы. Из соображений абсолютной секретности Курчатов проводил свои исследования в закрытой лаборатории, специально для этого созданной в подмосковных лесах.

8 мая 1945 года союзники объявили о победе над Германией, США оставалось только разгромить Японию. Исследования Курчатова тем временем быстро продвигались вперед, но все равно отставали от американских. 16 июля 1945 года в 05:29:21 неподалеку от Аламогордо, штат Нью-Мексико, под руководством Роберта Оппенгеймера состоялись успешные испытания первого атомного устройства[15 - Gutenberg B. Interpretation of Records Obtained from the New Mexico Atomic Test, July 16, 1945: Report // Bulletin of the Seismological Society of America. ISSN 0037-1106. 1945. [\*]]. Поскольку оружие такой разрушительной мощи испытывалось впервые и последствия были никому заранее не известны, Ферми предложил присутствующим физикам и армейским офицерам делать ставки на то, воспламенит ли бомба атмосферу, и если да, то уничтожит ли только Нью-Мексико или всю планету[16 - Lakoff A. Disaster and the Politics of Intervention. New York: Columbia University Press, 2010. [\*]]. В месте под кодовым названием Тринити взрыв создал температуру в десятки миллионов градусов и оставил воронку диаметром свыше 350 метров. В ужасе от зрелища, которое предстало его глазам, физик Георгий Кистяковский сказал: «На пороге конца света последний человек в последнюю миллисекунду существования Земли увидит то же, что мы сейчас»[17 - Powaski R.E. March to Armageddon: The United States and the Nuclear Arms Race, 1939 to the Present. New York: Oxford University Press, 1987. [\*]]. Всего три недели спустя, 6 августа, модифицированный «боинг Б-29» «Суперкрепость» сбросил первую атомную бомбу на японский город Хиросима с 350 тысячами жителей. 0,6 грамма урана породили энергию, эквивалентную взрыву 16 тысяч тонн тротила. Через три дня вторая бомба упала на Нагасаки. Более ста тысяч человек – в основном гражданских – погибли на месте. Япония вскоре капитулировала, и Вторая мировая война закончилась.

Несмотря на весь ужас этого зрелища, в некоторых частях планеты страх постепенно сменился удивлением и оптимизмом от того, что столь небольшое устройство способно произвести такое огромное количество энергии. Разработка вооружений стала продолжаться. В 1948 году на советском заводе «Маяк» был запущен реактор для наработки плутония (искусственного элемента, в чистом виде в природе не встречающегося), а уже в августе 1949 года в казахских степях прошло испытание первой советской атомной бомбы[18 - Cochran Th.B., Norris R.S., Bukharin O. Making the Russian Bomb: From Stalin to Yeltsin. Boulder, CO: Westview Press, 1995. [\*]]. Тем временем на Западе ученые переключились на использование беспрецедентного энергетического потенциала ядерного распада в мирных целях[19 - Burr W. U.S. Intelligence and the Detection of the First Soviet Nuclear Test, September 1949 // The National Security Archive, George Washington University. 22.09.09. [\*]]. За пять дней до Рождества 1951 года

в Америке был введен в действие малый «Экспериментальный бридерный реактор-1», первый в мире реактор для производства электроэнергии – его мощности хватило бы на четыре 200-ваттные лампочки[20 - Michal R. Fifty Years Ago in December: Atomic Reactor EBR-1 Produced First Electricity: report. American Nuclear Society, 2001. [\*]]. Два года спустя президент Эйзенхауэр объявил о начале программы «Мирный атом» и, выступая с речью в ООН, пообещал, что «Соединенные Штаты проявят полную решимость в преодолении ужасной атомной дилеммы – посвятить все свои помыслы отысканию путей, благодаря которым чудодейственная сила человеческой изобретательности была бы направлена не на смерть, а на сохранение жизни»[21 - 60 Years of Atoms for Peace // Nuclear Engineering International. 23.01.14. [\*]]. Программа «Мирный атом» отчасти действительно ставила целью развитие гражданской ядерной инфраструктуры и дальнейшие научные исследования, но отчасти это был пропагандистский маневр, чтобы создать прикрытия для наращивания ядерных вооружений, – в любом случае, в итоге она привела к появлению американских атомных электростанций[22 - Там же. [\*]].

Один из советских реакторов для производства оружейного плутония был модифицирован для электрогенерации и получил название АМ-1 («Атом мирный»). В июне 1952 года в СССР заработала первая в мире гражданская атомная электростанция мощностью 6 МВт[23 - Josephson P.R. Red Atom: Russia's Nuclear Power Program from Stalin to Today. New York: W.H. Freeman, 2000. [\*]]. Замедлителем в АМ-1 выступал графит, охлаждающей средой – вода, а его конструкция послужила прототипом для реакторов РБМК, которые использовались в том числе в Чернобыле. Два года спустя королева Елизавета II открыла в Уиндскейле первый британский коммерческий ядерный реактор мощностью 50 МВт, и правительство объявило, что Англия стала первой в мире страной, производящей «электричество из ядерной энергии в полном промышленном масштабе»[24 - Taylor S. Privatisation and Financial Collapse in the Nuclear Industry: The Origins and Causes of the British Energy Crisis of 2002. London: Routledge, 2007. [\*]].

Обе доминирующие сверхдержавы, США и СССР, разглядели очевидный потенциал корабельной ядерной энергетической установки, которая не требует заправки несколько лет, и приложили немало усилий, чтобы уменьшить габариты своих реакторов. Штаты добились в этом деле существенного прогресса и в 1954 году спустили на воду первую в мире атомную подводную лодку «Наутилус»; в следующие пять лет надводные атомоходы появились уже у обеих стран.

В 1973 году в Ленинградской области запустили мощный реактор РБМК-1000 – ту же модель, что и в Чернобыле, где строительство АЭС на тот момент еще только начиналось. США и большинство других западных стран остановили свой выбор на водо-водяных реакторах, посчитав их наиболее безопасными. С конца 1980-х по начало 2000-х производство новых реакторов было приостановлено. С одной стороны, это объяснялось международной реакцией на последствия аварий в Чернобыле и на Три-Майл-Айленд, а с другой – повышением мощности и эффективности существующих реакторов. По числу действующих реакторов мировая ядерная энергетика достигла пика к 2002 году, когда в мире эксплуатировалось 444 реактора, но по объему производства электроэнергии на ядерных установках АЭС рекорд поставили в 2006 году, суммарно произведя 2660 ТВт-часов[25 - Nuclear Power in the World Today // World Nuclear Association. 01.2016. [\*]].

К 2011 году доля ядерной энергетики в мировом производстве электроэнергии (более 430 реакторов в 31 стране) составила 11,7 %[26 - Энергетика 2013: Международная статистика: доклад. Париж: МАГАТЭ, 2013. [\*]]. Объем генерирующих мощностей в общей сложности – 372 000 МВт (эл.). Крупнейшая на сегодняшний день АЭС – японская Касивадзаки-Карива, семь ее энергоблоков способны производить 8000 МВт, правда, в настоящий момент она не эксплуатируется[27 - Перезапуск первых двух энергоблоков запланирован на конец 2019 года. [\*]]. Самая зависимая от ядерной энергетики страна – Франция: примерно 75 % потребляемой там электроэнергии производится на АЭС, в то время как в России и Америке, например, этот показатель приблизительно 20 %. Кроме Франции, доля атомной электроэнергии превышает 50 % только в Словакии и Венгрии (на конец 2014 года), хотя Украина, где расположена Чернобыльская АЭС, отстает не намного – 49 %[28 - Ядерные реакторы в мире: доклад. Вена. МАГАТЭ, 2015. [\*]].

Ядерные энергоустановки нашли широкое применение на кораблях. Экстремум в этой области был достигнут в начале 1990-х, когда суммарная мощность ядерных реакторов на судах (в основном военных, включая 400 подлодок)[29 - Shultis J.K., Faw R.E. Fundamentals of Nuclear Science and Engineering, Marcel Dekker, 2002. [\*]] была выше мощности всех коммерческих энергоблоков мира[30 - Nuclear Weapons at Sea // Bulletin of the Atomic Scientists. September 1990. [\*]]. Эта цифра с тех пор несколько сократилась, но ядерными установками по-прежнему оснащено сто пятьдесят надводных и подводных судов. В 2016 году Россия построила плавучую АЭС для эксплуатации в Арктике, самоходное судно, которое может быть отбуксировано в любое место, требующее энергоснабжения. У него на борту установлены два ледокольных реактора

общей мощностью 70 МВт. Ввод в строй был произведен в сентябре 2016 года[31 - Floating Plant To Be Delivered in 2016 // World Nuclear News. [\*]],[32 - В 2016 году «Академик Ломоносов» был спущен на воду и доставлен к месту испытаний (Мурманск). На момент работы над переводом ввод в эксплуатацию запланирован на конец 2019 года. [\*]]. Россия претендует на первенство в строительстве атомных барж, однако эта идея отнюдь не нова. Первая плавучая ядерная станция была построена американцами в шестидесятые годы на модифицированном корабле «Либерти» времен Второй мировой, и она давно уже выведена из эксплуатации. Китай тоже выходит на этот рынок – пуск его первой плавучей АЭС запланирован на 2020 год[33 - CGN to Build Floating Reactor // World Nuclear News. [\*]].

## Предыдущие аварии

Невозможно точно сказать, сколько именно людей стали жертвами радиации, поскольку симптомы рака и иных заболеваний, вызванных воздействием излучения, зачастую неотличимы от заболеваний другого генеза. Здесь возможны лишь примерные оценки. Так, с достаточной уверенностью можно утверждать, что Марию Кюри и других пионеров ядерных исследований (а также первых пациентов, которых подвергали слишком интенсивному рентгеновскому излучению)[34 - Sansare K., Khanna V., Karjodkar F. Early Victims of X-Rays: A Tribute and Current Perception // Dentomaxillofacial Radiology. 2011. Vol. 40. № 2. P. 123–125. [\*]] убил сам объект их изучения. Научная работа день ото дня разрушала здоровье Кюри и ее коллег, но, несмотря на это, она до самой смерти (в 1934 году) продолжала отрицать опасность радиации. Излучение погубило и двух детей Кюри, которые продолжили ее дело и тоже стали нобелевскими лауреатами[35 - Автор путает. На самом деле продолжила дело родителей лишь одна дочь – Ирен. Это она и ее супруг Фредерик Жолио-Кюри стали нобелевскими лауреатами. Вторая же дочь – Ева – была журналистом, музыкантом и общественным деятелем. Ее связь с физикой ограничилась лишь тем, что она написала биографию своей матери, которая удостоилась Национальной книжной премии США (примеч. ред.)],[36 - Grady D. A Glow in the Dark, and a Lesson in Scientific Peril // The New York Times. 1998. [\*]]. Даже смертность от острой лучевой болезни не имеет надежной статистики, поскольку вплоть до чернобыльской катастрофы Советский Союз все серьезные аварии замалчивал. Не исключено, что сторонящиеся публичности ядерные державы, известные высоким уровнем бюрократической коррупции, – такие как

Пакистан, Иран и Северная Корея, – ведут себя так и сегодня.

Общественности известно около семидесяти связанных с радиацией инцидентов, повлекших человеческие жертвы. В подавляющем большинстве случаев число жертв не превысило десяти, хотя данные по смертности, вне всяких сомнений, впоследствии были приуменьшены[37 - Johnston W.R. (Ph.D.). Radiation Accidents and Other Events Causing Radiation Casualties // Johnston Archive. 20.01.14. [\*]]. Любопытно отметить, что многие из этих происшествий связаны с неполадками медицинского оборудования или его хищениями.

Так, например, в сентябре 1987 года под воздействие радиации попали 240 человек в бразильском городе Гояния, где два мародера разобрали свинцово-стальную капсулу с радиоактивным цезием от аппарата для радиотерапии, украденную ими из заброшенной больницы. Они спрятали капсулу в саду на заднем дворе и несколько дней пытались ее вскрыть, пока им не удалось наконец проделать отверстие в защитной стальной оболочке – причем обоим к тому моменту уже стало нездоровиться. Они приписали недомогание недоброкачественной пище, не догадываясь заподозрить свою добычу, которую в итоге продали владельцу свалки Девару Феррейре. В тот же вечер Девар заметил, что материал внутри капсулы светится голубым, и решил, что внутри – нечто ценное или даже сверхъестественное. Он припрятал капсулу в своем доме, где жил вместе с женой Габриэлой, и раздавал ее фрагменты и содержащийся в ней порошок друзьям и родственникам – в числе прочих брату, который дал немного цезиевого порошка шестилетней дочери. Зачарованная голубым свечением, девочка играла с порошком, намазала на себя, как блески, какая-то часть порошка попала ей внутрь. Двое работников Девара несколько дней продолжали разбирать капсулу, чтобы извлечь свинец.

Первым, кто обратил внимание на серьезное недомогание окружающих, была Габриэла. Она не стала слушать врача, который диагностировал аллергическую реакцию на еду, и заподозрила, что во всем виновато таинственное вещество, которым так восхищались ее родные. Габриэла забрала капсулу у торговца утилем, который уже успел купить ее у Девара, и отправилась – на автобусе! – в ближайшую больницу, где заявила, что эта штука «убивает ее семью»[38 - Delves D., Flitton S. The Radiological Accident in Goi?nia. Publication. Vienna: International Atomic Energy Agency, 1988. [\*]]. Если бы не прозорливость Габриэлы, инцидент мог иметь куда более серьезные последствия.

Цезий пролежал во дворе до следующего дня. Приехавший туда по просьбе больничного врача специалист по медицинской физике чудом успел вовремя, чтобы «отговорить вызванных пожарных от намерения выбросить “источник” в реку»[39 - Там же. [\*]]. Габриэлу, девочку и тех двух работников Девара спасти не удалось. Сам Девар Феррейра выжил, хотя получил дозу больше, чем любой из четверых скончавшихся. Поскольку капсула две недели оставалась открытой, причем ее несколько раз перевозили с места на место, заражение затронуло несколько городских районов, и многие дома пришлось снести[40 - Там же. [\*]].

Смертность при гражданском применении ядерной энергии относительно невысока – гораздо ниже, чем в обычной энергетике, включая угольную, нефтяную и гидроэнергетику. Чтобы составить себе представление, обратимся к цифрам по смертности в ходе самых трагических инцидентов, связанных с обычной энергетикой. Огромная доля приходится на угледобычу – отрасль, печально известную своей опасностью. Тридцать два самых масштабных происшествия на шахтах унесли в сумме почти 10 тысяч жизней[41 - Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Mining\\_accident](https://en.wikipedia.org/wiki/Mining_accident). Сам по себе не очень надежный источник, но я решил использовать этот список в качестве иллюстрации. [\*]], а общее число смертей в американской угольной отрасли начиная с 1839 года превышает 15 тысяч[42 - All Mining Disasters: 1839 to Present // Centers for Disease Control and Prevention. 26.02.13. [\*]]. Самая крупная из зафиксированных аварий произошла ровно за 44 года до Чернобыля – 26 апреля 1942 года – на китайской шахте Бэньсиху, где в результате взрыва погибли 1549 горняков[43 - Honkeiko Colliery Mining Disaster | China [1942] // Encyclopedia Britannica Online. [\*]].

В 1998 году в результате взрыва на трубопроводе «Джесси», принадлежащем Национальной нефтяной корпорации Нигерии, погибло более 700 человек – и это был лишь один из десятков подобных случаев в этой стране. Что именно послужило причиной взрыва, осталось неизвестным, поскольку никто из находившихся поблизости не выжил, но произошел он либо из-за ошибок в эксплуатации, либо – что не менее вероятно – из-за целенаправленной диверсии мусорщиков, которые хотели поживиться нефтью[44 - Aigbogan F. Pipeline Explosion Kills 700 // Ludington Daily News, 22.10.98. [\*]]. Другая впечатляющая масштабами катастрофа произошла в России неподалеку от Уфы. На крупном газопроводе, проходящем рядом с Транссибирской магистралью, началась утечка, но, вместо того чтобы найти ее и устранить, рабочие решили восстановить давление, увеличив подачу газа. Горючая смесь пропана, бутана и других соединений начала наполнять низину. Стали поступать сообщения о запахе газа от людей, находившихся оттуда в пяти милях (восьми километрах). 4 июня 1989 года два встречных состава, где в основном были люди, ехавшие в

отпуск и возвращавшиеся из него, оказались рядом вблизи места утечки. Искры из-под колес воспламенили скопившийся газ, последовал ужасающий взрыв мощностью 10 килотонн ТНТ. По словам генерала Михаила Моисеева, начальника Генштаба ВС СССР, оба локомотива и все 38 вагонов загорелись и сошли с путей[45 - Keller B. 500 on 2 Trains Reported Killed By Soviet Gas Pipeline Explosion // The New York Times (New York), 04.06.89; Careless Workers Blamed For Explosion // Observer-Reporter (Washington), 06.06.89. [\*]]. «Взрыв был такой силы, что повалил деревья в радиусе четырех километров», – рассказывал он. Эта катастрофа унесла жизни 675 человек, в том числе более сотни детей[46 - Russia Remembers 1989 Ufa Train Disaster // Sputnik News. 04.06.09. [\*]].

Причиной самой масштабной катастрофы, связанной с гидроэнергетикой, стал огромной силы тайфун Нина, обрушившийся на китайскую провинцию Хэнань в 1975 году. За сутки выпала годовая норма осадков. По прогнозу пекинской Центральной метеорологической обсерватории, осадки ожидалось на уровне не более 100 мм, и люди оказались не подготовлены к тому, что случилось дальше. В кульминационный период выпадало до 190 мм осадков в час[47 - Hurricanes: Science and Society: 1975 Super Typhoon Nina // Hurricane Science. [\*]]. «Пока хлестал тот дождь, день было невозможно отличить от ночи, струи летели словно стрелы, – рассказывали те, кому посчастливилось выжить. – Горы были сплошь усыпаны мертвыми воробьями». 8 августа в час ночи раздался грохот, «словно рухнули небеса и разверзлась земля»[48 - After 30 Years, Secrets, Lessons of China's Worst Dams Burst Accident Surface // People's Daily Online. 01.10.05. [\*]]. Это прорвало дамбу Баньцяо. Не знающий преград поток воды вызвал цепную реакцию, разрушившую в общей сложности шестьдесят две дамбы. Возникшая в результате волна шириной 11 километров, несшаяся со скоростью 50 км/ч, унесла жизни 171 тысячи человек. 11 миллионов остались без крыши над головой. Целые города и поселки были стерты с лица земли[49 - Typhoon Nina-Banqiao Dam Failure | Chinese History [1975] // Encyclopedia Britannica Online. 04.06.14. [\*]].

Имеет смысл отдельно остановиться на некоторых ядерных инцидентах. В двух из них – оба произошли в исследовательской лаборатории Лос-Аламоса, штат Нью-Мексико, – фигурировал один и тот же кусок плутония массой 6,2 кг, который впоследствии получил прозвище «Заряд-демон». Первый инцидент случился 21 августа 1945 года. Ученый Гарри Даглян, работая в лаборатории в одиночестве, случайно уронил отражающий нейтроны блок на плутоний, инициировав тем самым неуправляемую цепную реакцию[50 - McLaughlin Th.P., Monahan Sh.P., Pruvost N.L. A Review of Criticality Accidents: report // Oak Ridge: Los Alamos National Laboratory, 2000. [\*]]. Он понимал, что произошло, но, чтобы

удалить упавший блок, ему пришлось частично разобрать созданную в ходе опыта конструкцию, и за это время он успел получить смертельную дозу радиации. Двадцать пять дней спустя он скончался. Хотя инцидент был зафиксирован в протоколах безопасности, менее чем через год произошел еще один инцидент с участием все того же куска плутония. Физик Луи Злотин проводил опыт, где вещество помещалось между двумя отражающими полусферами. В какой-то момент полусферы случайно захлопнулись, и плутоний перешел в надкритическое состояние. Менее чем за секунду Злотин получил смертельную дозу радиации и через девять дней умер от полного отказа кишечника[51 - May 21, 1946: Louis Slotin Becomes Second Victim of "Demon Core" // American Physical Society. [\*]]. После второго инцидента эксперименты с непосредственным присутствием человека приостановили, и дальнейшие подобные опыты проводили только с помощью устройств с дистанционным управлением. «Заряд-демон» в конце концов поместили внутрь бомбы и – уже после войны – взорвали под водой у атолла Бикини в рамках операции «Перекресток» с целью испытать эффект ядерного оружия на кораблях.

Самая крупная ядерная авария в истории Англии произошла в 1957 году в Уиндскейле (сейчас Селлафилд), графство Камбрия на северо-западе страны. Это было прямое следствие непродуманного проекта по конверсии двух реакторов – переключения их с производства плутония на производство трития для создания термоядерной бомбы. Графитовые реакторы с воздушным охлаждением плохо подходят для этой задачи – проект предполагал более высокие тепловые нагрузки и большую интенсивность реакции, чем те, на которые реакторы были рассчитаны изначально. Модификация активной зоны позволяла приступить к производству трития, но за счет снижения безопасности. Предварительные испытания были пройдены успешно, не выявив никаких очевидных проблем, и началась полномасштабная эксплуатация установки. Никто не подозревал, что модификация привела к угрожающему перераспределению нагрева в пределах активной зоны и что тепло теперь стало проникать туда, где в силу отсутствия необходимости не были установлены температурные сенсоры. Когда проектировали и строили уиндскейлские реакторы, британские ученые еще не знали, как нейтронная бомбардировка изменяет кристаллическую структуру графита, который при этом аккумулирует энергию, способную к опасному внезапному выплеску. Проблему обнаружили, уже когда реакторы заработали и вносить коррективы в конструкцию было поздно. Решение проблемы надежностью не отличалось, оно состояло в том, чтобы медленно прокалывать графитовую кладку, затем дать ей остыть, в результате чего прошедший прокалывание графит возвращался в исходное состояние, отдав при нагреве накопленную энергию.

7 октября 1957 года уиндскейлский персонал приступил к плановому отжигу, разогнав реактор, а затем заглушив его для остывания, но вскоре сотрудники заметили, что процесс отличается от ожидаемого. Они повторно прогрели активную зону, но к утру 10 октября стало понятно: что-то идет не так. По мере замедления выхода энергии температура в активной зоне должна была падать, но она, наоборот, росла. Внутри реактора загорелось урановое топливо. (Стоит отметить, что в первых отчетах фигурировало возгорание графита, и лишь позднейшие анализы показали, что на самом деле горел уран.) Операторы этого не знали и потому усилили поддув, но воздух лишь распалил пламя. Тут заметили, что датчики радиации на трубах воздуховода зашкаливают. Оперативное обследование установки выявило воспламенение, которое, судя по всему, началось еще двое суток назад. После лихорадочных попыток затушить пламя сначала углекислотой, а потом – водой, руководитель Уиндскейла Том Туохи приказал эвакуировать весь персонал, кроме ключевых сотрудников, выключить поддув и закрыть все вентиляторы. Затем он несколько раз забирался на трубу воздуховода, чтобы собственными глазами увидеть, что происходит в активной зоне, и убедиться, что пламя погашено. «Я стоял там, в общем-то, с надеждой, но, когда ты смотришь прямо на активную зону заглушенного реактора, свою дозу радиации получишь наверняка», – вспоминал он позднее[52 - Goldman L. Oxford Dictionary of National Biography, 2005–2008. Oxford: Oxford University Press, 2009. [\*]].

Этот инцидент, достаточно серьезный сам по себе, мог перерасти в масштабную катастрофу, если бы не «прихоть Кокрофта». Джон Кокрофт возглавлял британский Научно-исследовательский центр по атомной энергии (AERE). В 1951 году они вместе с Эрнестом Уолтоном получили Нобелевскую премию «за новаторские исследования в области преобразования атомного ядра с помощью искусственно ускоряемых атомных частиц»[53 - Physics Laureates: Fields // The Nobel Prize. [\*]]. Когда строительство Уиндскейла шло уже полным ходом, Кокрофт вмешался в процесс и настоял, отменяя любые возражения, на том, чтобы комплекс был оснащен дорогостоящими фильтрами. Образ напоминающих набалдашники фильтров на трубах стал известным и узнаваемым, а сами фильтры получили прозвище «прихоть Кокрофта»: их называли так, пока не стало ясно, что именно эти фильтры предотвратили катастрофическое распространение радиоактивных частиц по окрестности. Полную информацию об этом случае впервые обнародовали лишь тридцать лет спустя, в 1987 году, но в докладе, выпущенном в 1983 году Национальным управлением по радиологической защите, уже говорилось, что предположительно авария стала причиной рака щитовидной железы примерно в 260 случаях, а свыше 30 человек

на тот момент либо уже скончались, либо понесли «отсроченный по действию ущерб их генетике, который может привести к нарушению здоровья или гибели их потомков»[54 - National Radiological Protection Board Assessment of the Radiological Impact of the Windscale Reactor Fire, October 1957: The Collective Radiation Dose Received by the Population; Addendum Concerning the Release of Polonium and Other Radionuclides: report // National Radiological Protection Board. 1983. [\*]]. Авария на комплексе в Уиндскейле считалась самым серьезным инцидентом, связанным с ядерными реакторами, до происшествия на американской АЭС Три-Майл-Айленд, – но уиндскейлская история заслуживает внимания сама по себе[55 - Arnold L. Windscale, 1957: Anatomy of a Nuclear Accident. New York: St. Martin's Press, 1992; Hubbell M.W. The Fundamentals of Nuclear Power Generation: Questions & Answers. Bloomington, IN: AuthorHouse, 2011; Mahaffey J.A. Atomic Awakening: A New Look at the History and Future of Nuclear Power. New York: Pegasus Books, 2009. [\*]].

Первая в американской истории радиационная авария (и единственная, во время которой погибли люди) произошла 3 января 1961 года на экспериментальном реакторе SL-1[56 - Poole M., Dainton J., Chattopadhyay S. Cockcroft's Subatomic Legacy: Splitting the Atom // CERN Courier - International Journal of High-Energy Physics. 20.11.07. [\*]]. Для мероприятий по техобслуживанию потребовалось отсоединить главный стержень управления от привода. Чтобы потом восстановить соединение, одному из операторов, Джону Бирнсу, нужно было приподнять стержень на несколько сантиметров. Однако он поднял его выше допустимого, и за доли секунды реактор достиг критического уровня. В активной зоне произошло взрывное парообразование, создавшее волну, которая ударила в крышку и подбросила корпус реактора вверх, выбив стержни управления и защитные пробки. Одна из пробок вошла стоявшему на реакторе инженеру-электрику Ричарду Леггсу в пах и вышла через плечо, пронзив его насквозь и пригвоздив к потолку. Самого Бирнса убило водой и паром, стоявший рядом стажер позднее тоже скончался от полученных ранений. Бытовала версия, что это был не несчастный случай, а убийство/самоубийство – дескать, Бирнс подозревал, что у его жены был роман с его коллегой по смене[57 - Stacy S.M. Proving the Principle: A History of the Idaho National Engineering and Environmental Laboratory, 1949–1999. ID Falls, ID: Idaho Operations Office of the Dept. of Energy, 2000. [\*]].

Особо следует отметить две радиационные аварии на подлодках. 4 июля 1961 года в охлаждающей системе реактора советской субмарины К-19 с баллистическими ракетами на борту появилась серьезная течь, из-за которой полностью вышли из строя циркуляционные насосы. Чтобы нейтрализовать

реакцию, в активную зону были введены стержни управления, но остаточное тепловыделение (процесс распада радиоизотопов, которые по мере потери энергии выделяют тепло, – подобные процессы создают значительную долю тепла в земном ядре) повысило температуру до 800 °С. Когда лодку еще только строили, на одну из труб в контуре охлаждения случайно капнули сваркой, и на том месте образовалась микротрещина. Во время учений трещина под давлением расширилась. Капитан Николай Затеев понял, что единственный выход – собрать нештатную систему охлаждения, подключив подачу воды через магистраль воздухоудаления. «Это был Чернобыль, только на 30 лет раньше»[58 - Пер. Г. Григорьева.]

Конец ознакомительного фрагмента.

notes

Примечания

1

Пер. Г. Григорьева.

2

Кюри, М., Кюри, Е. Пьер и Мария Кюри / пер. Е. Шукарева. М.: Молодая гвардия, 1959. (ЖЗЛ). [\*]

3

Там же. [\*]

4

Wells J.C.K., Strickland S.S., Laland K.N. Social Information Transmission and Human Biology. Boca Raton, FL: CRC/Taylor & Francis, 2006. [\*]

5

Radithor (ca. 1925–1928) // Oak Ridge Associated Universities. 17.02.09.  
<https://www.ornl.gov/ptp/collection/quackcures/radith.htm>. [\*]

6

Clark C. Radium Girls, Women and Industrial Health Reform: 1910–1935. Chapel Hill, NC: University of North Carolina Press, 1997. [\*]

7

Malley M.C. Radioactivity: A History of a Mysterious Science. New York: Oxford University Press, 2011. [\*]

8

Orci T. How We Realized Putting Radium in Everything Was Not the Answer // The Atlantic. 07.03.13. [\*]

9

Rhodes R. The Making of the Atomic Bomb. New York: Simon & Schuster, 1986. [\*]

10

Wood J. Nuclear Power. London: Institution of Engineering and Technology, 2007. [\*]

11

Rhodes R. The Making of the Atomic Bomb. New York: Simon & Schuster, 1986. [\*]

12

На самом деле Флеров сообщил об этом факте не в письме Сталину, а в другом, адресованном С.В. Кафтанову, уполномоченному Государственного комитета обороны по науке. [\*]

13

Cochran Th.B., Norris R.S., Bukharin O. Making the Russian Bomb: From Stalin to Yeltsin. Boulder, CO: Westview Press, 1995. [\*]

14

Авторы книги, на которую ссылается Ледербарроу, очевидно, допустили неточность: фраза про «урановую бомбу» в письме отсутствует. [\*]

15

Gutenberg B. Interpretation of Records Obtained from the New Mexico Atomic Test, July 16, 1945: Report // Bulletin of the Seismological Society of America. ISSN 0037-1106. 1945. [\*]

16

Lakoff A. Disaster and the Politics of Intervention. New York: Columbia University Press, 2010. [\*]

17

Powaski R.E. March to Armageddon: The United States and the Nuclear Arms Race, 1939 to the Present. New York: Oxford University Press, 1987. [\*]

18

Cochran Th.B., Norris R.S., Bukharin O. Making the Russian Bomb: From Stalin to Yeltsin. Boulder, CO: Westview Press, 1995. [\*]

19

Burr W. U.S. Intelligence and the Detection of the First Soviet Nuclear Test, September 1949 // The National Security Archive, George Washington University. 22.09.09. [\*]

20

Michal R. Fifty Years Ago in December: Atomic Reactor EBR-1 Produced First Electricity: report. American Nuclear Society, 2001. [\*]

21

60 Years of Atoms for Peace // Nuclear Engineering International. 23.01.14. [\*]

22

Там же. [\*]

23

Josephson P.R. Red Atom: Russia's Nuclear Power Program from Stalin to Today. New York: W.H. Freeman, 2000. [\*]

24

Taylor S. Privatisation and Financial Collapse in the Nuclear Industry: The Origins and Causes of the British Energy Crisis of 2002. London: Routledge, 2007. [\*]

25

Nuclear Power in the World Today // World Nuclear Association. 01.2016. [\*]

26

Энергетика 2013: Международная статистика: доклад. Париж: МАГАТЭ, 2013. [\*]

27

Перезапуск первых двух энергоблоков запланирован на конец 2019 года. [\*]

28

Ядерные реакторы в мире: доклад. Вена. МАГАТЭ, 2015. [\*]

29

Shultis J.K., Faw R.E. Fundamentals of Nuclear Science and Engineering, Marcel Dekker, 2002. [\*]

30

Nuclear Weapons at Sea // Bulletin of the Atomic Scientists. September 1990. [\*]

31

Floating Plant To Be Delivered in 2016 // World Nuclear News. [\*]

32

В 2016 году «Академик Ломоносов» был спущен на воду и доставлен к месту испытаний (Мурманск). На момент работы над переводом ввод в эксплуатацию запланирован на конец 2019 года. [\*]

33

CGN to Build Floating Reactor // World Nuclear News. [\*]

34

Sansare K., Khanna V., Karjodkar F. Early Victims of X-Rays: A Tribute and Current Perception // Dentomaxillofacial Radiology. 2011. Vol. 40. № 2. P. 123–125. [\*]

35

Автор путает. На самом деле продолжила дело родителей лишь одна дочь – Ирен. Это она и ее супруг Фредерик Жолио-Кюри стали нобелевскими лауреатами. Вторая же дочь – Ева – была журналистом, музыкантом и общественным деятелем. Ее связь с физикой ограничилась лишь тем, что она написала биографию своей матери, которая удостоилась Национальной книжной премии США (примеч. ред.).

36

Grady D. A Glow in the Dark, and a Lesson in Scientific Peril // The New York Times. 1998. [\*]

37

Johnston W.R. (Ph.D.). Radiation Accidents and Other Events Causing Radiation Casualties // Johnston Archive. 20.01.14. [\*]

38

Delves D., Flitton S. The Radiological Accident in Goi?nia. Publication. Vienna: International Atomic Energy Agency, 1988. [\*]

39

Там же. [\*]

40

Там же. [\*]

41

Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Mining\\_accident](https://en.wikipedia.org/wiki/Mining_accident). Сам по себе не очень надежный источник, но я решил использовать этот список в качестве иллюстрации. [\*]

42

All Mining Disasters: 1839 to Present // Centers for Disease Control and Prevention. 26.02.13. [\*]

43

Honkeiko Colliery Mining Disaster | China [1942] // Encyclopedia Britannica Online. [\*]

44

Aigbogan F. Pipeline Explosion Kills 700 // Ludington Daily News, 22.10.98. [\*]

45

Keller B. 500 on 2 Trains Reported Killed By Soviet Gas Pipeline Explosion // The New York Times (New York), 04.06.89; Careless Workers Blamed For Explosion // Observer-Reporter (Washington), 06.06.89. [\*]

46

Russia Remembers 1989 Ufa Train Disaster // Sputnik News. 04.06.09. [\*]

47

Hurricanes: Science and Society: 1975 Super Typhoon Nina // Hurricane Science. [\*]

48

After 30 Years, Secrets, Lessons of China's Worst Dams Burst Accident Surface // People's Daily Online. 01.10.05. [\*]

49

Typhoon Nina-Banqiao Dam Failure | Chinese History [1975] // Encyclopedia Britannica Online. 04.06.14. [\*]

50

McLaughlin Th.P., Monahan Sh.P., Pruvost N.L. A Review of Criticality Accidents: report // Oak Ridge: Los Alamos National Laboratory, 2000. [\*]

51

May 21, 1946: Louis Slotin Becomes Second Victim of “Demon Core” // American Physical Society. [\*]

52

Goldman L. Oxford Dictionary of National Biography, 2005–2008. Oxford: Oxford University Press, 2009. [\*]

53

Physics Laureates: Fields // The Nobel Prize. [\*]

54

National Radiological Protection Board Assessment of the Radiological Impact of the Windscale Reactor Fire, October 1957: The Collective Radiation Dose Received by the Population; Addendum Concerning the Release of Polonium and Other Radionuclides: report // National Radiological Protection Board. 1983. [\*]

55

Arnold L. Windscale, 1957: Anatomy of a Nuclear Accident. New York: St. Martin's Press, 1992; Hubbell M.W. The Fundamentals of Nuclear Power Generation: Questions & Answers. Bloomington, IN: AuthorHouse, 2011; Mahaffey J.A. Atomic Awakening: A New Look at the History and Future of Nuclear Power. New York: Pegasus Books, 2009. [\*]

56

Poole M., Dainton J., Chattopadhyay S. Cockcroft's Subatomic Legacy: Splitting the Atom // CERN Courier – International Journal of High-Energy Physics. 20.11.07. [\*]

57

Stacy S.M. Proving the Principle: A History of the Idaho National Engineering and Environmental Laboratory, 1949–1999. ID Falls, ID: Idaho Operations Office of the Dept. of Energy, 2000. [\*]

Пер. Г. Григорьева.

----

Купить: [https://telnovel.me/liverbarrou\\_endryu/chernobyl-01-23-40](https://telnovel.me/liverbarrou_endryu/chernobyl-01-23-40)

надано

Прочитайте цю книгу цілком, купивши повну легальну версію: [Купити](#)